

Siimo Engineering

Volume 4 Edisi 1 2020

Dampak Gempa Bumi terhadap Jaringan Pipa PDAM Donggala di Kelurahan Tanamodindi Kota Palu

Triyanti AnasiruJurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako
Jl. Soekarno Hatta Km. 9 Telp 0451-422611 Palu, e-mail t.anasiru@gmail.com**Suratnan Tahir**Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palu
Jl. Hangtuah No. 29 Telp 0451-426504 Palu 94118, e-mail tekniksuratnan@gmail.com**Anawardiyah**Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palu
Jl. Hangtuah No. 29 Telp 0451-426504 Palu 94118

ABSTRAK

Pada tanggal 28 September 2018 hari Jumat, pukul 18.02.44 WITA telah terjadi gempa bumi dengan kekuatan 7,4 skala Richter mengguncang wilayah Kota Palu, Sigi, Donggala, dan Parigi Moutong Sulawesi Tengah. Berdasarkan pengamatan di Kelurahan Tanamodindi pasca gempa bumi kondisi masyarakat mengalami kesulitan mendapatkan air bersih. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui persentase kerusakan jaringan pipa PDAM Donggala yang ada di Kelurahan Tanamodindi akibat gempa bumi. Penelitian dilakukan dengan metode kualitatif. Hasil Penelitian ini adalah adanya kerusakan pada jaringan pipa PDAM Donggala seperti pipa patah dan bocor mencapai 270 meter yang terdiri dari 102 meter pipa Ø 2 inci, 6 meter pipa Ø 3 inci, 60 meter pipa Ø 4 inci, 72 meter pipa Ø 6 inci, 12 meter pipa Ø 10 inci, dan 18 meter pipa Ø 12 inci dari total panjang pipa 28.079 meter yang melayani kelurahan Tanamodindi dengan persentase kerusakan pipa yaitu sebesar 0,962%.

Kata Kunci : Gempa Bumi, Jaringan Pipa

1. Pendahuluan

Hari Jumat tepatnya tanggal 28 September 2018, pukul 18.02.44 WITA terjadi Gempa bumi dengan kekuatan 7,4 Skala Richter mengguncang wilayah Kota Palu, Sigi, Donggala, dan Parigi Moutong Provinsi Sulawesi Tengah. Akibat Gempa bumi tersebut terjadi kerusakan pada infrastruktur, bangunan rusak ringan hingga rusak berat, kerusakan lingkungan, jalan rusak berat terdapat patahan-patahan pada jalan, hingga kerusakan pada sarana-prasarana umum termasuk di antaranya jaringan air bersih.

Berdasarkan pengamatan di Kelurahan Tanamodindi pasca gempa bumi pada tanggal 28 September 2018, masyarakat mengalami kesulitan mendapatkan air bersih. Dengan demikian dipastikan bahwa sistem jaringan air bersih yang selama ini beroperasi terkena dampak gempa bumi, sehingga menjadi lumpuh bahkan tidak dapat beroperasi sebagaimana mestinya.

Kerusakan yang terjadi pada jaringan air bersih dapat dilihat dari beberapa kondisi tanah pasca gempa bumi di Kelurahan Tanamodindi yang tampak retak, ambles sampai hancur sehingga pipa-pipa air bersih yang mengalami kerusakan seperti pipa patah dan pipa bocor, seperti yang terjadi pada Jl. Bulu Masomba, jalan men-

galami kerusakan sehingga mengakibatkan Pipa PVC diameter 12 inci Jl. Bulu Masomba patah, serta pompa terangkat disumur dalam lasoani 2 dan mengalami kekeringan, sehingga tidak bisa menyalurkan air bersih ke masyarakat di Kelurahan Tanamodindi Kota Palu.

2. Metode Penelitian

2.1. Jenis Penelitian

Penelitian kualitatif adalah penelitian yang digunakan untuk meneliti pada kondisi objek alamiah, dimana peneliti merupakan instrumen kunci (Sugiyono, 2005). Penelitian yang bermaksud untuk memahami fenomena tentang apa yang dialami oleh subjek Penelitian pada suatu konteks khusus yang alamiah dan dengan memanfaatkan berbagai metode alamiah.

Tujuan penelitian kualitatif adalah untuk menjelaskan suatu fenomena dengan sedalam-dalamnya dengan cara pengumpulan data yang sedalam-dalamnya pula, yang menunjukkan pentingnya kedalaman dan detail suatu data yang diteliti. Pada penelitian kualitatif, semakin mendalam, teliti, dan tergali suatu data yang didapatkan, maka bisa diartikan pula bahwa semakin baik kualitas penelitian tersebut. Maka dari segi besarnya responden atau objek penelitian, metode penelitian kualitatif memiliki objek yang lebih sedikit.

Tujuan penelitian ini sendiri adalah untuk mengetahui kondisi jaringan pipa yang rusak serta mengetahui persentase kerusakan jaringan pipa PDAM Donggala di Kelurahan Tanamodindi dampak gempa bumi pada tanggal 28 September 2018.

2.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Kelurahan Tanamodindi memiliki sejarah yang unik dimana kata “Tanamodindi” mempunyai filosofi yang sangat berarti bagi seluruh warga masyarakat Tanamodindi yaitu berasal dari bahasa daerah setempat (bahasa Kaili Tara), dimana TanaNodindi itu berarti “Tanah Berbunyi” yang dimaksud adalah apabila tanah tersebut kita sentak dengan telapak kaki maka tanah tersebut akan *Nodindi* atau Berbunyi (dalam bahasa Indonesia).

Pada waktu itu kepala desa pertama yang menjabat adalah bapak Kaderitu dengan masa jabatan dari tahun 1916 sampai tahun 1948, ini merupakan masa-masa penting berdirinya kelurahan Tanamodindi. Namun seiring berjalannya waktu kata “*Nodindi*” ini berubah menjadi “*Modindi*”. Yang mana Modindi ini merupakan nama salah satu tokoh Tetua Adat setempat yang berpengaruh pada saat itu. Sehingga untuk mengenang jasa-jasa yang telah beliau abdikan di wilayah ini, masyarakat setempat berinisiatif untuk mengganti kata “*Nodindi*” menjadi “*Modindi*” sehingga nama Kelurahan atau Desa pada waktu itu menjadi Tana Modindi. Namun setelah kedatangan bangsa belanda pada jaman penjajahan di daerah ini nama Tana Modindi dirubah menjadi Tanamodindi, dan masih digunakan sampai saat ini.

Alasan penulis memusatkan penelitian pada kelurahan Tanamodindi di atas, di antaranya adalah: terdapat fenomena yang berkaitan dengan dampak gempa, air bersih tidak dapat melayani masyarakat pasca gempa, dan adanya patahan-patahan tanah penurunan.

Waktu penelitian ini dilakukan pada bulan Februari sampai dengan bulan Juli 2019

2.3. Jenis dan Sumber Data

Jenis dan sumber data yang dibutuhkan dalam penelitian ini terdiri dari: Data Primer, adalah sumber data yang diperoleh langsung dari sumber utama Penelitian. Data primer dapat berupa opini subyek (orang) secara individual atau kelompok, hasil observasi terhadap suatu benda (fisik), kejadian atau kegiatan dan hasil pengujian (Indrianto dan Supomo, 2009). Untuk memperoleh data primer dalam Penelitian ini menggunakan metode survei dengan memberikan kuesioner kepada responden, yaitu pelanggan rumah tangga berpenghasilan rendah pada lima kelurahan yang dilayani Perusahaan Daerah Air Minum Uwe Lino Kabupaten Donggala. Data Sekunder, adalah data yang dikumpulkan dari dokumen-dokumen tentang fungsi sosial pelayanan Perusahaan Daerah Air Uwe Lino Minum Kabupaten Donggala serta literatur-literatur

kepastakaan pendukung lainnya yang dinilai memiliki relevansi pada penelitian ini.

2.4. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah menganalisis kerusakan jaringan pipa PDAM Uwe Lino yang rusak akibat gempa bumi magnitudo 7,4 di Kelurahan Tanamodindi.

3. Tinjauan Pustaka

3.1. Pengertian Gempa

Pengertian gempa bumi yaitu suatu gerakan atau getaran yang terjadi pada kulit bumi yang dihasilkan dari tenaga endogen. Pengertian tenaga endogen sendiri yaitu tenaga atau kekuatan perut bumi yang terjadi karena adanya perubahan pada kulit bumi. Sifat tenaga endogen ini dapat membentuk bumi menjadi tidak rata. (Bayong, 2006 dalam Pak dosen, 2018).

Gempa bumi adalah sebuah getaran atau pergerakan yang terjadi secara tiba tiba akibat adanya pelepasan energi secara tiba tiba yang terjadi pada permukaan bumi. Pelepasan energi yang secara tiba tiba mengakibatkan gelombang seismik, yang bisa bersifat destruktif pada berbagai hal yang berdiri diatas permukaan bumi, termasuk bangunan, pohon-pohon, dan lain lainnya. Gempa bumi belum dapat diprediksi oleh berbagai macam teknologi yang sudah ada pada masa kini, namun kekuatannya dapat diukur dengan menggunakan Seismometer. Skala yang paling umum untuk digunakan dalam mengukur kekuatan gempa bumi adalah skala richter (Salamadian, 2019).

3.2. Historis Bencana Gempa Sulawesi Tengah

Gempa bumi yang mengguncang Kota Palu, Sigi, Donggala, dan Parigi Moutong Provinsi Sulawesi Tengah yang terjadi pada Jumat tanggal 28 September 2018, pukul 18.02.44 WITA bukan yang pertama kali terjadi dalam sejarah kebencanaan di daerah Kota Palu dan sekitarnya serta Provinsi Sulawesi Tengah pada umumnya.

Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) pada Sabtu 29 September 2018 merilis di jawapos.com mengenai data bencana gempa yang terjadi di Sulawesi Tengah:

- 1) Pada 1 Desember 1927, gempa kekuatan magnitudo 6,5 mengguncang Palu dan sekitarnya. Gempa berasal dari aktivitas tektonik Watusampo yang berpusat di Teluk Palu yang menyebabkan 14 jiwa meninggal dunia dan 50 orang luka-luka.
- 2) Pada tanggal 30 Januari 1930 terjadi gempa di pantai barat Kabupaten Donggala menyebabkan tsunami setinggi dua meter dan berlangsung selama dua menit. Jumlah korban tidak diketahui.
- 3) Pada 14 Agustus 1938, gempa dengan kekuatan magnitudo 6 mengguncang Sulawesi Tengah yang berpusat di Teluk Tambu Kecamatan Balaesang Donggala. Gempa ini menyebabkan tsunami 8-10 meter di pantai barat Kabupaten Donggala. Sebanyak

200 korban meninggal dunia dan 790 rumah rusak serta seluruh desa di pesisir pantai barat Donggala hampir tenggelam.

- 4) Gempa juga terjadi pada tahun 1994 dikenal dengan gempa Sausu, Kabupaten Donggala mengguncang Sulawesi Tengah.
- 5) Pada 1 Januari 1996, gempa dengan kekuatan magnitudo 7,4 berpusat di Selat Makassar mengakibatkan tsunami yang menyapu pantai barat Kabupaten Donggala dan Toli-Toli.
- 6) Pada tahun 1996 terjadi gempa Tonggolobibi terjadi di Desa Bankir, Tonggolobibi dan Donggala mengakibatkan 9 orang tewas dan bangunan rusak berat. Menyebabkan tsunami 3,4 meter datang dan membawa air laut sejauh 300 meter ke daratan.
- 7) Pada 11 Oktober 1998 Kabupaten Donggala diguncang gempa berkekuatan magnitudo 5,5. Ratusan bangunan rusak berat akibat gempa.
- 8) Pada 24 Januari 2005, Sulawesi Tengah diguncang gempa magnitudo 6,2. Pusat gempa 16 km arah tenggara kota Palu. Akibat gempa ini 100 rumah rusak, satu orang meninggal dan empat orang luka-luka.
- 9) Pada 7 November 2008, gempa dengan kekuatan magnitudo 7,7 berpusat di Laut Sulawesi mengguncang Kabupaten Buol, Sulawesi Tengah. Akibatnya empat orang meninggal.
- 10) Pada 18 Agustus 2012 gempa dengan kekuatan magnitudo 6,2 terjadi ketika masyarakat sedang berbuka puasa. Delapan orang tewas dan tiga Kecamatan terisolir.
- 11) Pada Jumat, 28 September 2018. Gempa kekuatan magnitudo 7,4 menyebabkan tsunami. Jumlah korban meninggal sebanyak 2.081 orang. (Hendra Friana, 2018).

3.3. Pusat Gempa dan Dampaknya

Gempa bumi yang terjadi dengan kekuatan magnitudo 7,4 telah mengguncang wilayah Kota Palu, Sigi, Donggala, dan Parigi Moutong Lokasi 0.18 LS dan 119.85 BT dengan jarak 26 km dari Utara Donggala Sulawesi Tengah, dengan kedalaman 10 km sekitar Kecamatan Sirenja, Kabupaten Donggala pada hari Jumat 28 September 2018 pada pukul 18.02.44 WITA. Sumber gempa berasal dari Sesar Palu Koro.

Menurut Sutopo Purwo Nugroho, gempa bumi yang terjadi merupakan jenis gempa bumi dangkal akibat aktivitas sesar Palu Koro, yang dibangkitkan oleh deformasi dengan mekanisme pergerakan dari struktur sesar mendatar mengiri (strike-slip sinistral). Sesar ini merupakan sesar yang teraktif di Sulawesi, dan bisa pula disebut paling aktif di Indonesia dengan pergerakan 7 cm pertahun. Sesar yang diteliti di Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) baru sampai sesar darat. Sedangkan sesar di laut sama sekali nihil dari Penelitian.

Gempa dengan kekuatan magnitudo 7,4 mengakibatkan terjadinya tsunami dan likuifaksi, serta juga terjadi banyak kerusakan pada infrastruktur, bangunan rusak ringan hingga rusak berat, korban jiwa, sampai kekurangan air bersih (PT. Rekayasa Jati Mandiri, 2018).

3.4. Dampak Gempa terhadap Sistem Jaringan Air Bersih

Gempa magnitudo 7,4 yang mengguncang di Kota Palu, Sigi, Donggala, dan Parigi Moutong Sulawesi Tengah, yang disusul tsunami serta likuifaksi menyebabkan kerusakan diberbagai daerah. Selain kerusakan gedung, rumah, sampai tanah ternyata jaringan air bersih juga mengalami kerusakan. Getaran dan guncangan besar karena gempa mengakibatkan aliran-aliran sungai bawah tanah terputus, jaringan pipa dan saluran bawah tanah rusak. Kerusakan yang terjadi dari jaringan air bersih dapat dilihat dari beberapa kondisi tanah di Kelurahan Tanamodindi yang tampak retak, amblas dan turun sehingga banyak pipa-pipa air bersih yang mengalami kerusakan sehingga tidak bisa menyalurkan air bersih.

Kerusakan yang terjadi pada sistim jaringan pipa PDAM Uwe Lino di Kelurahan Tanamodindi diantaranya:

- 1) **Bangunan IPA kawatuna yang retak.** Kerusakan yang terjadi pada IPA kawatuna yaitu pada dinding kolam, menyebabkan air yang merembes dan terbuang akibatnya air yang dapat diteruskan ke reservoir 200 m³ menjadi lebih sedikit dan tidak lagi dapat memenuhi kebutuhan pelanggan. Air yang diolah di IPA Kawatuna juga tidak lagi dapat membantu mengisi reservoir 1000 m³ yang ada di Kelurahan Lasoani pasca gempa bumi dengan kekuatan magnitudo 7,4 terjadi. Hal ini sangat mempengaruhi ketersediaan air bersih di Kelurahan Tanamodindi.
- 2) **Pompa pada sumur dalam lasoani 2 rusak.** Sumur dalam Lasoani 2 dengan kapasitas produksi 7 l/det merupakan pompa yang diarahkan untuk mengisi reservoir 1000 m³. Pompa ini terangkat pada bagian atas akibat gempa bumi serta sumur mengalami kekeringan, pompa ini tidak dapat mengisi reservoir 1000 m³.
- 3) **Pipa pada sumur dalam lasoani 3 patah.** Sumur dalam Lasoani 3 dengan kapasitas produksi 3 l/det merupakan pompa yang diarahkan untuk mengisi reservoir 1000 m³. Akibat gempa bumi yang terjadi, pipa yang ada di dalam sumur patah sehingga tidak dapat dicabut kembali untuk diperbaiki, sumur dalam lasoani 3 ini kemudian dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar menjadi sumur dangkal yang airnya langsung mereka alirkan ke rumah-rumah mereka sendiri. Pihak PDAM Uwe Lino mengatakan bahwa untuk melakukan perbaikan dan mengangkat mesin tersebut membutuhkan biaya yang hampir mencapai biaya pembuatan pompa baru sehingga mereka memutuskan untuk membuat sumur dalam lasoani 5 yang letaknya di area rumah dinas PDAM Uwe Lino di Jl. Maleo untuk memenuhi kebutuhan air di kelurahan Tanamodindi.
- 4) **Pipa Patah, Pipa Lepas dan Bocor.** Pipa merupakan item yang juga banyak mengalami kerusakan, di kelurahan Tanamodindi sendiri kerusakan yang terjadi sangat bervariasi, baik pada jaringan distribusi maupun jaringan transmisi. Beberapa contoh kerusakan pipa seperti pada Jl. Veteran dan Jl. Bulu Masomba Pipa PVC diameter 12 inci patah dan bocor. Pipa ini merupakan pipa transmisi yang mendistribusikan air dari reservoir 1000 m³ ke

kelurahan Tanamodindi. Selain itu jaringan pipa pada Jl. Garuda, Jl. Maleo, Jl. Veteran, Jl. Swadaya dan Jl. Cendrawasih juga mengalami hal yang sama.

Gempa bumi yang terjadi akibat adanya getaran serta gerakan yang disebabkan oleh tenaga endogen maka struktur tanah akan berubah dan mengalami kerusakan. Tenaga endogen merupakan tenaga yang berasal dari dalam bumi. Tenaga endogen mampu menggerakkan kerak bumi, baik kerak benua maupun kerak samudra. Tenaga endogen bersifat membangun karena mampu membentuk lipatan dan patahan pada kerak bumi sehingga muncul pegunungan dan perbukitan. Tenaga endogen disebabkan dari energi panas dari mantel dan kerak bumi. Energi panas ini berasal dari pembusukan dan disintegrasi unsur radioaktif dan dari diferensiasi gravitasi dalam mantel. Beberapa proses endogen penting dan berperan dalam evolusi bentuk tanah. Tenaga endogen ini meliputi, tektonisme, vulkanisme, dan gempa bumi.

- 1) **Tektonisme.** Tektonisme merupakan tenaga dari dalam bumi yang menimbulkan patahan (*fault*), dislokasi (perubahan letak), dan lipatan (*fold*) batuan kerak bumi. Patahan/sesar dan dislokasi kerak bumi menyebabkan terbentuknya *graben/slang* dan *horst*. Lipatan batuan kerak bumi menyebabkan terbentuk punggung lipatan (*antiklinal*), lembah lipatan (*sinklinal*), dan elevasi. Tektonisme sangat berkaitan dengan diatorpisme, yaitu proses perubahan bentuk muka bumi seperti terbentuknya gunung, plato, serta lipatan dan retakan batuan. Tenaga tektonisme yang menyebabkan gerak naik dan turun lapisan batuan kerak bumi dibedakan menjadi dua, yaitu: Gerak *Epirogenesa*, merupakan gerakan tenaga tektonik yang sangat lambat dan meliputi wilayah sangat luas. gerak *epirogenesa* dibedakan menjadi gerak *epirogenesa* positif dan *epirogenesa* negatif; Gerak *Orogenesa*, Merupakan gerak tenaga tektonik yang relatif cepat dan meliputi wilayah relatif sempit. Gerak *orogenesa* membentuk pegunungan, seperti pegunungan, Gerak *orogenesa* menimbulkan lipatan, patahan, dan retakan batuan.
- 2) **Vulkanisme.** Vulkanisme berarti gejala kegunungan apian. Vulkanisme merupakan gejala alam yang berkaitan dengan penyusupan magma pada kerak bumi (litosfer). Magma adalah batuan cair pijar dan bertempratur tinggi dalam bumi. Aktivitas magma disebabkan suhu dan tekanan magma yang tinggi didalam bumi serta dapat menimbulkan retakan dan pergeseran kerak bumi.
- 3) **Gempa Bumi.** Gempa Bumi merupakan getaran atau guncangan dipermukaan bumi yang disebabkan oleh gelombang seismik dari pusat gempa. gempa sering terjadi akibat tumpukan antar lempeng tektonik yang disebabkan aktivitas magma didalam bumi (Bitar, 2018).

3.5. Jaringan Pipa

Pipa merupakan komponen utama dalam jaringan perpipaan yang menghubungkan sumber air dengan pelanggan. Jaringan perpipaan dapat diklasifikasikan menjadi jaringan transmisi dan distribusi. Jaringan transmisi umumnya menghubungkan antara sumber air

dengan suatu lokasi di dekat daerah distribusi (IPA/Reservoir). Panjang jaringan pipa transmisi bergantung pada jarak sumber air dengan daerah distribusi. Sedangkan Jaringan distribusi merupakan jaringan yang menghubungkan antara IPA/Reservoir dengan pelanggan atau daerah pelayanan.

3.5.1. Jaringan Pipa Transmisi

Transmisi adalah saluran pembawa/*transmission works*. Sistem transmisi diperlukan jika sumber air baku memiliki jarak tertentu dari daerah pelayanan, sehingga sistem transmisi dapat didefinisikan sebagai jalur yang menghubungkan air baku dari sumber menuju ke instalasi pengolahan atau reservoir atau ke daerah distribusi.

Sistem transmisi umumnya berupa saluran tertutup atau jalur perpipaan untuk menjamin kebersihan atau kualitas air. Namun apabila terpaksa menggunakan saluran terbuka, maka harus diperhatikan tentang kemungkinan terjadinya kontaminasi. Sistem transmisi terdiri dari sistem pipa, pompa transmisi, termasuk perlengkapan perpipaan. Sistem transmisi dapat merupakan aliran gravitasi, atau aliran tertekan (pemompaan), tergantung dari elevasi sumber air baku yang tersedia.

Sistem pengaliran dari sumber air menuju daerah pelayanan dapat dibedakan:

- 1) **Sistem pengaliran gravitasi.** Dipilih jika sumber air baku berada lebih tinggi daripada jaringan distribusi. Sistem ini paling efektif dan ekonomis untuk jalur perpipaan karena dapat menghasilkan kecepatan aliran cukup tinggi.
- 2) **Sistem pompa.** Dipilih jika sumber air baku berada lebih rendah daripada jaringan distribusi. Sistem ini dapat digunakan pada jalur perpipaan dan saluran tertutup, sedangkan saluran terbuka tidak dapat menggunakan pemompaan. Perletakan pipa atau saluran pada sistem transmisi pada umumnya mengikuti profil tanah, profil yang dipilih juga biasanya profil yang mudah, dalam artian sedikit menggunakan peralatan dan perlengkapan misalnya mengikuti profil jalan yang sudah ada (Peavy et.al, 1985, Agustina D.V., 2007).

Kedalaman pipa transmisi tergantung dari kondisi lapangan, biasanya minimum 50 cm dihitung dari permukaan tanah sampai bagian atas pipa transmisi. Apabila pipa transmisi berada dibawah jalan raya, minimum sekitar 100 s/d 120 cm. Bila kondisi lapangan tidak memungkinkan untuk memasang pipa transmisi dibawah tanah, pipa transmisi dapat dipasang di atas permukaan tanah. Untuk pipa transmisi yang dipasang di atas tanah dapat menggunakan pipa besi/Steel/GIP, sedangkan pipa transmisi yang dipasang di dalam tanah bisa menggunakan pipa PVC atau HDPE. Jika beda tinggi antara sumber air dan reservoir terlalu besar (diatas 100 m), maka sebaiknya dibuat bak pelepas tekan. Dalam satu jalur pipa transmisi bisa saja ada beberapa bak pelepas tekan kalau beda tinggi terlalu besar.

Perencanaan teknis unit sistem transmisi harus mengoptimalkan jarak antara unit air baku menuju unit

produksi sependek mungkin, karena jaringan transmisi pada dasarnya harus dirancang untuk dapat mengalirkan debit aliran untuk kebutuhan jam puncak, sedangkan pipa transmisi air baku dirancang mengalirkan kebutuhan maksimum.

Adapun pertimbangan-pertimbangan yang perlu diambil dalam desain jalur pipa transmisi dapat diikhtisarkan sebagai berikut:

- 1) **Faktor Hidrolis.** Pada jalur transmisi disyaratkan minimum sisa tekan pada ujung pipa transmisi adalah sebesar 15 meter, serta tinggi hidrolis pipa minimum 5 meter di atas pipa sehingga cukup menjamin operasi *air valve* bila diperlukan (Dirjenderal Cipta Karya, 1992).
- 2) **Faktor Ekonomis.** Beberapa hal yang mempengaruhi faktor ekonomis pemilihan jalur transmisi: Jarak pipa terpendek, Diameter ekonomis, Pemasangan mudah, Pemeliharaan dan pengontrolan mudah.
- 3) **Peralatan.** Jalur transmisi terpilih diharapkan tidak terlalu banyak menggunakan perlengkapan.

3.5.2. Jaringan Pipa Distribusi

Suatu jaringan perpipaan yang berfungsi mengalirkan air bersih dari titik akhir pipa transmisi (reservoir) menuju daerah pelayanan. Distribusi air minum dapat dilakukan dengan beberapa cara tergantung kondisi topografi yang menghubungkan sumber air dengan konsumen. Distribusi secara gravitasi, pemompaan maupun kombinasi pemompaan dan gravitasi dapat digunakan untuk mensuplai air ke konsumen dengan tekanan yang mencukupi.

Perpipaan sistem distribusi merupakan sub sistem dan bagian terbesar dari sistem distribusi penyediaan air bersih. Guna meningkatkan cakupan wilayah pelayanan air bersih kepada masyarakat, diperlukan peningkatan jaringan distribusi. Peningkatan jaringan distribusi ini dapat berupa penambahan jaringan pipa di lokasi yang belum tersambung jalur pipa atau membuat jalur pipa paralel untuk memenuhi kebutuhan air bersih bagi masyarakat, seiring dengan penambahan kapasitas air baku yang direncanakan.

Perencanaan unit distribusi dapat berupa jaringan perpipaan yang terkoneksi satu dengan lainnya membentuk jaringan tertutup (*loop*), sistem jaringan distribusi bercabang (*dead-end distribution system*), atau kombinasi dari kedua sistem tersebut (*gradesystem*). Bentuk jaringan pipa distribusi ditentukan oleh kondisi topografi, lokasi reservoir, luas wilayah pelayanan, jumlah pelanggan dan jaringan jalan dimana pipa akan dipasang.

Ketentuan-ketentuan yang harus dipenuhi dalam perancangan denah (*layout*) sistem distribusi adalah sebagai berikut:

- 1) Denah (*layout*) sistem distribusi ditentukan berdasarkan keadaan topografi wilayah pelayanan dan lokasi instalasi pengolahan air.

- a) Situasi jaringan jalan di wilayah pelayanan; jalan-jalan yang tidak saling menyambung dapat menggunakan sistem cabang. Jalan-jalan yang saling berhubungan membentuk jalur jalan melingkar atau tertutup, cocok untuk sistem tertutup, kecuali bila konsumen jarang.
- b) Kepadatan konsumen; makin jarang konsumen lebih baik dipilih denah (*layout*) pipa berbentuk cabang.
- c) Keadaan topografi dan batas alam wilayah pelayanan.
- d) Tata guna lahan wilayah pelayanan.
- 2) Tipe sistem distribusi ditentukan berdasarkan keadaan topografi wilayah pelayanan. Jika keadaan topografi tidak memungkinkan untuk sistem gravitasi seluruhnya, diusulkan kombinasi sistem gravitasi dan pompa. Jika semua wilayah pelayanan relatif datar, dapat digunakan sistem perpompaan langsung, kombinasi dengan menara air, atau penambahan pompa penguat (*booster pump*). Jika terdapat perbedaan elevasi wilayah pelayanan terlalu besar atau lebih dari 40 m, wilayah pelayanan dibagi menjadi beberapa zone sedemikian rupa sehingga memenuhi persyaratan tekanan minimum.
- 3) Komponen jaringan distribusi.
 - a) Zona distribusi suatu sistem penyediaan air minum adalah suatu area pelayanan dalam wilayah pelayanan air minum yang dibatasi oleh pipa jaringan distribusi utama (distribusi primer). Pembentukan zona distribusi didasarkan pada batas alam (sungai, lembah, atau perbukitan) atau perbedaan tinggi lebih besar dari 40 meter antara zona pelayanan dimana masyarakat terkonsentrasi atau batas administrasi. Pembentukan zona distribusi dimaksudkan untuk memastikan dan menjaga tekanan minimum yang relatif sama pada setiap zona. Setiap zona distribusi dalam sebuah wilayah pelayanan yang terdiri dari beberapa Sel Utama (biasanya 5-6 sel utama) dilengkapi dengan sebuah meter induk.
 - b) Jaringan Distribusi Utama (JDU) atau distribusi primer yaitu rangkaian pipa distribusi yang membentuk zona distribusi dalam suatu wilayah pelayanan SPAM.
 - c) Jaringan distribusi pembawa atau distribusi sekunder adalah jalur pipa yang menghubungkan antara JDU dengan sel utama.
 - d) Jaringan distribusi pembagi atau distribusi tersier adalah rangkaian pipa yang membentuk jaringan tertutup sel utama.
 - e) Pipa pelayanan adalah pipa yang menghubungkan antara jaringan distribusi pembagi dengan Sambungan Rumah. Pendistribusian air minum dari pipa pelayanan dilakukan melalui *Clamp Saddle*.
 - f) Sel utama (*Primary Cell*) adalah suatu area pelayanan dalam sebuah zona distribusi dan dibatasi oleh jaringan distribusi pembagi (distribusi tersier) yang membentuk suatu jaringan tertutup. Setiap sel utama akan membentuk beberapa sel dasar dengan jumlah sekitar 5-10 sel dasar. Sel utama biasanya dibentuk bila jumlah sambungan rumah (SR) sekitar 10.000 SR.
 - g) Sel dasar (*Elementary Zone*) adalah suatu area pelayanan dalam sebuah sel utama dan dibatasi oleh pipa pelayanan. Sel dasar adalah rangkaian

pipa yang membentuk jaringan tertutup dan biasanya dibentuk bila jumlah sambungan rumah SR mencapai 1.000-2.000 SR. Setiap sel dasar dalam sebuah Sel Utama dilengkapi dengan sebuah Meter Distrik.

- 4) Bahan Pipa. Pemilihan bahan pipa bergantung pada pendanaan atau investasi yang tersedia. Hal yang terpenting adalah harus dilaksanakannya uji pipa yang terwakili untuk menguji mutu pipa tersebut. Tata carapengambilan contoh uji pipa yang dapat mewakili tersebut harus memenuhi persyaratan teknis dalam SNI.
- 5) Diameter Pipa Distribusi. Ukuran diameter pipa distribusi ditentukan berdasarkan aliran pada jam puncak dengan sisa tekan minimum di jalur distribusi
- 6) Lokasi Kedalaman Pipa. Jaringan pipa distribusi air minum harus diletakkan tertanam dalam tanah dengan maksud melindungi pipa dari gangguan fisik dan bahaya pembebanan secara langsung, kecuali untuk bagian jaringan yang merupakan penyeberangan sungai (jembatan pipa) yang pemasangannya tidak dapat ditanam di dalam tanah. Penanaman jaringan pipa sedapat mungkin ditempatkan di luar jalur jalan (di sisi jalan), kecuali pada bagian jaringan yang terpaksa bersilangan dengan jalan. Batasan kedalaman penanaman pipa sebagai berikut:
 - a) Untuk parit galian yang normal di luar jalur jalan, bagian atas pipa diletakkan sedalam 450 mm di bawah permukaan tanah.
 - b) Untuk parit galian di bawah jalur jalan, bagian atas pipa diletakkan sedalam 600 mm di bawah permukaan tanah.
 - c) Kedalaman galian juga dipengaruhi ketebalan pasir yang dipadatkan di bawah pipa (PT. Bina Karya Tiyasa, 2018).

Ketebalan pasir di bawah pipa untuk bermacam-macam jenis dasar galian sebagai mana pada **Tabel 1**.

3.6. Sistem Jaringan pada PDAM Uwe Lino

Sistem jaringan pipa yang digunakan PDAM Uwe Lino sampai dengan tahun 2019 adalah gravitasi dan perpompaan, terdiri dari 16 unit IPA, 29 unit reservoir serta 20 unit pompa sumur dalam dengan panjang pipa sepanjang 593.131 m. Kelurahan Tanamodindi menggunakan sistim gravitasi pada 1 IPA Kawatuna, 1 Reservoir Kawatuna dan 1 Reservoir Lasoani serta sistim perpompaan pada 5 unit pompa di 5 sumur dalam Lasoani dengan panjang pipa 29.714 m untuk mendistribusikan air di Kelurahan Tanamodindi.

3.7. Kebocoran Pipa

Pada prinsipnya kebocoran pipa dihitung dengan membandingkan air yang tercatat masuk melalui satu titik

dalam jaringan dan keluar melalui titik atau beberapa titik lain dalam zona jaringan yang terisolasi. Yang dimaksud dengan terisolasi adalah bahwa air dalam jaringan di zona tersebut hanya masuk melalui titik-titik yang diukur dan keluar dari titik-titik yang diukur pula. Dengan demikian, selisih pengukuran merupakan kebocoran dalam pipa. Selisih kehilangan air harus ditekan hingga dibawah 20% dari hasil produksi air. (Dirjendral Cipta Karya, 1998 dalam Radianta Triatmaja, 2017).

Pipa bocor yaitu pipa yang mengalami kerusakan yang disebabkan oleh benturan dan pergeseran tanah pada saat gempa bumi terjadi. Pipa bocor biasanya masih bisa mengalirkan air ke daerah distribusi dengan jumlah air yang lebih sedikit. Selain pipa bocor, pipa patah juga merupakan kerusakan pipa yang terjadi akibat gempa bumi, pipa yang berada di dalam tanah mengalami pergeseran mengikuti tanah yang bergetar serta turun, pipa yang sudah patah tidak lagi dapat mengalirkan air ke daerah distribusi. Pipa patah sama dengan pipa terlepas, bedanya adalah pipa terlepas terjadi pada pipa yang terdapat sambungan sedangkan pipa patah tidak terjadi pada sambungan (**Gambar 1**).



(Sumber: Dokumentasi PDAM Uwe Lino)

Gambar 1. Pipa PVC Diameter 4 inci Patah, Kel. Silae
3.7.1. Kehilangan Air Non Fisik

Kehilangan air non fisik (*nonphysical losses*) adalah kehilangan air yang secara fisik tidak terlihat tapi dapat diketahui dari perhitungan dan catatan jumlah air yang didistribusikan kepada pelanggan. Semua mencakup berbagai kesalahan dan kelemahan administrasi dan manajemen serta perlengkapan sistem, di antaranya air tidak berekening atau *Non Rekening Water (NRW)*, sambungan pipa-pipa air yang ilegal, pencurian air

Tabel 1. Ketebalan Pasir untuk Tiap Jenis Dasar Galian

Jenis Dasar Galian	Tebal Pasir di Bawah Pipa
Dasar galian rata, tidak berbatu-batu	0 – 50
Dasar galian tidak rata, tidak berbatu-batu	100
Dasar galian berbatu-batu	100 - 500

Sumber: Hardie, 1978 dalam PT. Bina Karya Tiyasa, 2018

dengan cara pengecilan pemakaian air, pengecilan tarif air, dan kesalahan pada administrasi rekening (pembacaan dan pencatatan meter produksi dan pelanggan) sehingga air dipakai tetapi tidak tercatat dalam rekening.

3.7..2. Kehilangan Air Fisik

Kehilangan fisik (*physical losses*) adalah kehilangan yang disebabkan adanya kebocoran yang terjadi pada komponen sistem, pada reservoir, pada pipa baik distribusi maupun transmisi, atau pada sambungan rumah. Hal ini dapat diketahui dengan cara menelusuri dimana letak kebocoran atau kehilangan air tersebut serta dapat langsung ditangani dengan cara memperbaiki.

3.8. Jenis Pipa

Jenis pipa sangat besar pengaruhnya terhadap layanan jaringan, keawetan dan biaya investasi maupun operasinya. Jenis pipa yang ada dipasaran dan umum digunakan di Indonesia yaitu seperti PVC, HDPE, dan Baja GI (*galvanized iron*) (Tabel 2).

Posisi pipa terhadap muka tanah juga merupakan faktor yang harus diperhitungkan dalam pemilihan jenis pipa. Pipa PVC biasanya tidak tahan terhadap sinar matahari dibandingkan pipa baja. Selain itu pipa PVC juga lebih rentan terhadap gangguan binatang maupun diletakkan diatas tanah. Dengan demikian, untuk pipa yang akan diletakkan di atas tanah, pipa baja atau besi akan lebih baik. Jika diletakkan di dalam tanah pipa PVC akan lebih awet. Dengan demikian, tidak jarang jaringan pipa terdiri atas campuran pipa baja dan pipa PVC. (Radianta Triatmaja, 2017).

3.9. Sumber-Sumber Air

Pada prinsipnya jumlah air di alam ini tetap dan mengikuti suatu aliran yang dinamakan siklus hidrologi. Untuk memenuhi kebutuhan manusia dan makhluk hidup lainnya akan adanya air. Maka dapat diperoleh melalui sumber - sumber air yang ada untuk dimanfaatkan sebagai kebutuhan air minum serta kebutuhan lainnya. Persediaan air segar dunia hampir seluruhnya didapat dalam bentuk air hujan sebagai hasil dari penguapan.

Sumber air ada dua macam yaitu sebagai berikut:

- 1) **Air permukaan.** Air permukaan adalah air yang dapat mengalir dipermukaan bumi. Pada umumnya air permukaan ini akan mengalami pencemaran selama pengalirannya. Besarnya tingkat pencemaran tergantung pada daerah pengalirannya. Yang terbagi atas:
 - a) Air Sungai. Penggunaan air sungai sebagai air minum hendaklah melalui proses pengelolaan disebabkan karena pada umumnya air sungai mempunyai pengotoran yang tinggi. Kualitas air sungai sangat bervariasi bergantung pada lokasi, muatan sedimen, dan polutan yang ada dibawahnya. Jenis sumber air ini dapat diambil dengan beberapa cara yaitu:
 - Jika air sungai cukup dalam dan air cukup jernih, maka pengambilan secara langsung sangat menguntungkan . pengambilan langsung dilakukan dengan pemasangan bangunan pengambilan (*Intake*) di lokasi sungai yang aman terhadap banjir. Biasanya diperlukan pompa untuk pengambilan langsung seperti ini.
 - Jika air banyak mengandung sedimen, maka pengambilan air sungai dapat melalui gallery. Dengan gallery air sungai dibiarkan meresap melalui tanah didekatnya dan baru diambil dari ruang infiltrasi . Ruang infiltrasi adalah ruangan (sumuran) di dekat sungai yang digunakan menampung aliran infiltrasi dari sungai. Dengan demikian, air yang masuk kedalam ruangan infiltrasi sudah lebih jernih sehingga beban Instalasi Pengolahan Air (IPA) menjadi berkurang.
 - Air sungai dapat dinaikkan elevasinya dengan cara pembendungan. Dengan bendung, air dapat dialirkan ke tempat yang sedikit lebih tinggi untuk diolah (misalnya dengan pengendapan, filtrasi pasir cepat, serta pengolahan kimiawi), kemudian disalurkan ke masyarakat, baik dengan tambahan tenaga pompa maupun tidak.
 - b) Waduk atau Danau buatan. Air sungai juga dapat dinaikkan elevasinya sekaligus disimpan dalam waktu relative lama. Waduk merupakan daerah penyimpanan air dalam jangka relatif panjang sehingga diharapkan air dapat digunakan saat

Tabel 2. Beberapa Jenis Pipa, Keuntungan dan Kerugiannya

No.	Jenis Pipa	Keuntungan	Kerugian
1.	PVC	Ringan, mudah diangkut dan dipasang, tidak bereaksi dengan air	Mudah rusak, sering terjadi kebocoran.
2.	HDPE	Ringan, mudah diangkut dan dipasang, bereaksi dengan air, panjang mencapai 100 m tanpa sambungan untuk diameter kecil	Tekanan rendah
3.	Baja, galvanized iron	Tekanan tinggi, tahan terhadap cuaca dan tekanan langsung, lebih baik digunakan untuk pipa di luar tanah dibandingkan yang lain, lebih tahan terhadap benturan/gesekan atau terhadap pengeboran untuk pengambilan air illegal.	Lebih berat, investasi, transportasi, serta instalasi lebih mahal.

(Sumber: Radianta Triatmaja, 2017)

musim kemarau. Pengambilan air baku dari waduk dapat dilakukan dengan beberapa cara. Pertama dengan pompa. Pompa tersebut menaikkan air dari waduk ke atas (lokasi pengolahan) sebelum didistribusikan. Kedua, adalah dengan menggunakan pipa sifon yang sebelumnya telah direncanakan pada waduk tersebut. Cara kedua ini tidak memerlukan tenaga tambahan, seperti pompa, tetapi daerah yang dialiri terbatas pada daerah elevasi yang lebih rendah dari elevasi muka air waduk. Cara yang kedua ini perlu dipertimbangkan sebelum pembuatan waduk karena jauh lebih hemat daripada cara pertama.

2) **Air tanah.** Air tanah adalah sumber persediaan air yang sangat penting dalam sistem penyediaan air bersih terutama dimusim kemarau yang panjang dan menyebabkan terhentinya aliran sungai. Sumber air tanah terbagi atas:

a) **Air Tanah Dangkal.** Air tanah dangkal terjadi akibat adanya proses peresapan air dari permukaan tanah. Lumpur dan beberapa bakteri akan bertahan sehingga tanah dangkal banyak mengandung zat-zat kimia terlarut sesuai dengan lapisan tanah yang dilewatinya. Air tanah dangkal biasanya terdapat pada kedalaman sampai 15 m. Sebagai sumber air bersih, kualitas air agak baik, akan tetapi kuantitasnya kadang kala masih kurang mencukupi dikarenakan tergantung pada musim.

b) **Air Tanah Dalam.** Air tanah dalam pengambilannya dilakukan dengan pengeboran dan pemasangan pipa dengan kedalaman 100 - 300 meter. Apabila tekanan airnya besar, maka air dapat menyembur keluar yang sering disebut air artesis. Kualitas air tanah dalam umumnya dapat mencukupi tergantung pada keadaan lapisan tanah dan sedikit terpengaruh oleh musim. Penentuan sumber air yang akan digunakan untuk keperluan penduduk, perlu dilakukan seleksi yang ketat dan teliti dimana hal ini untuk menghindari terjadinya penggunaan sumber air yang tidak layak. Ada beberapa hal pokok yang perlu diperhatikan dalam penentuan sumber air yaitu sebagai berikut:

- Kebersihan air tersebut.
- Volume air yang tersedia.
- Keabadian / kontinuitas dari sumber air tersebut.
- Elevasi permukaan air berkenaan dengan daerah yang akan dilayani.
- Tersedianya sumber dana yang cukup.